

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

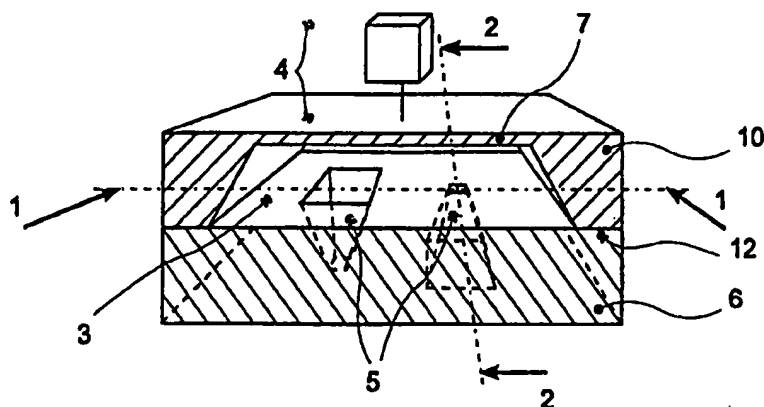
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F04B 43/04, 53/10, 19/00</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 96/00849</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>11. Januar 1996 (11.01.96)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE95/00841</b> (22) Internationales Anmeldedatum: <b>29. Juni 1995 (29.06.95)</b> (30) Prioritätsdaten: <b>P 44 22 743.4      29. Juni 1994 (29.06.94)      DE</b> (71)(72) Anmelder und Erfinder: <b>GERLACH, Torsten [DE/DE]; Helmholtzring 3/102, D-98693 Ilmenau (DE).</b> (74) Anwälte: <b>HAFT, Uwe usw.; Franziskanerstrasse 38, D-81669 München (DE).</b>	(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b>  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

(54) Title: **MICROPUMP**

(54) Bezeichnung: **MIKROPUMPE**

(57) Abstract

Known micropumps are characterised by a relatively complex design that in general is difficult to produce and mount. In addition, the pump capacities they can achieve are limited. A new micropump should have a more simple design that is easier to manufacture in series and should allow higher pump rates thanks to improved dynamic properties. For that purpose, at least two dynamic microvalves (5) are used to rectify an alternating current generated by a driving oscillator (4). The microvalves substantially consist of a microchannel the cross-section of which continuously diminishes in the flow direction up to its narrowest spot. Moving mechanical parts are not required, so that the dynamic microvalves may be produced in the most simple manner, for example in silicon. The simple hydraulic system of the micropump allows high working frequencies and thus high pump rates. This micropump is useful above all in microsystem technology, for example as driving element in microhydraulic or micropneumatic systems.



#### (57) Zusammenfassung

Bekannte Mikropumpen sind durch einen relativ komplizierten Aufbau gekennzeichnet, der im allgemeinen einen hohen Fertigungs- und Montageaufwand erfordert. Außerdem sind die erreichbaren Förderleistungen begrenzt. Die neue Mikropumpe soll demgegenüber einen für die Serienfertigung günstigeren einfachen Aufbau haben und durch bessere dynamische Eigenschaften höhere Pumpraten ermöglichen. Zur Gleichrichtung der durch eine schwingende Antriebsvorrichtung (4) erzeugten alternierenden Strömung kommen mindestens zwei dynamische Mikroventile (5) zum Einsatz. Diese bestehen im wesentlichen aus einem Mikrokanal, dessen Querschnitt sich in einer Strömungsrichtung kontinuierlich bis zur engsten Stelle verringert. Bewegliche mechanische Teile sind nicht notwendig, so daß die dynamischen Mikroventile auf einfachste Weise zum Beispiel in Silizium herstellbar sind. Das einfache hydraulische System der Mikropumpe erlaubt hohe Arbeitsfrequenzen und damit Pumpleistungen. Einsatz vor allem in der Mikrosystemtechnik, zum Beispiel als Antriebsselement in mikrohydraulischen oder -pneumatischen Systemen.

#### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Mikropumpe

Die Erfindung betrifft eine Mikropumpe.

- 5 Die Mikropumpe hat dynamische passive Ventile und dient besonders zur Förderung von Gasen und Flüssigkeiten. Sie ist sehr vorteilhaft mit bekannten Halbleitertechnologien herstellbar und für den Einsatz in integrierten Mikrosystemen geeignet.

## 10 Stand der Technik

- Aus der NL-PS 8302860 ist bereits eine Mikropumpe auf Siliziumbasis bekannt, die im wesentlichen aus drei identischen piezoelektrisch angetriebenen Ventilelementen, welche stömungstechnisch in Reihe angeordnet sind, besteht. Beim  
15 Öffnen und Schließen dieser aktiven Ventile, verrichtet die sich durchbiegende Membran Volumenarbeit und erzeugt einen entsprechenden Druck auf das Fluid. Werden die einzelnen Ventile in einem geeigneten Dreiphasentakt angesteuert, so erfährt das Fluid eine Beförderung in eine bestimmte Richtung, die durch die peristaltische Welle bestimmt ist.

- 20 Eine andere Mikropumpe, ebenfalls für die Systemintegration geeignet, wird in der CH-PS 04055/89 vorgestellt. Sie enthält eine piezoelektrisch angetriebene Membran, welche das zu fördernde Fluid periodisch unter Druck setzt. Zwei  
25 passive Mikroventile am Ein- bzw. Ausgang der Pumpe richten diesen Wechseldruck gleich und legen damit die Strömungsrichtung fest. Das Arbeitsprinzip entspricht strukturell der klassischen Kolbenpumpe.

- Beiden beschriebenen Mikropumpen ist der relativ komplizierte mechanische Aufbau gemein, der den Einsatz der Mikrotechnologien erschwert und die Herstellungskosten erhöht. Insbesondere ist ein stark strukturiertes hydraulisches  
30 Leitungssystem durch Mehrfach-Lithographie, verbunden mit einer entsprechenden Anzahl von Ätzprozessen, zu realisieren. Außerdem ist das Fügen der verschiedenen Schichten zu einem Sandwich mit einigen technologischen Schwierigkeiten verbunden. Schließlich nehmen die Mikropumpen, bedingt  
35 durch das Funktionsprinzip, eine relativ große Fläche auf dem Trägersubstrat ein. Dem stehen zwar die hohe Dosiergenauigkeit und ein relativ hoher Pumpdruck, jedoch auch eine vergleichsweise geringe Förderleistung gegenüber, welche unter anderem durch die hohen Strömungswiderstände zu erklären ist und die im Zusammenhang mit den relativ großen Totvolumina zu recht beachtlichen  
40 Passierzeiten der durchströmenden Fluide führt.

- Aus der DE-PS 42 23 019 ist eine ventillose Mikropumpe bekannt, die durch eine Aktorvorrichtung, im allgemeinen eine schwingende Membran, ebenfalls eine periodische Druckeinprägung auf das strömende Medium bewirkt. Jedoch  
45 erfolgt die Gleichrichtung partiell durch eine in strömungstechnischer Hinsicht anisotrope Struktur ohne jegliche bewegte mechanische Funktionselemente. Als anisotrope Struktur wird unter anderem ein ansonsten nicht näher bezeichneter spaltartiger Bereich genannt, der sägezahnartig ausgeführt ist. Dessen

- Herstellung mit den Mikrotechnologien gestaltet sich jedoch kompliziert, da die Sägezahnform nicht zwangsläufig mit der Kristallstruktur des Substratmaterials zusammenfallen muß und sich dadurch der Einsatz anisotroper Ätzverfahren erschwert. Das vorgeschlagene Ausführungsbeispiel, dessen sägezahnartige
- 5 Geometrie durch die Anordnung zweier V-förmiger spaltartiger Strukturen hintereinander realisiert ist, erfordert bei den angegebenen Abmessungen im Mikrometerbereich jedoch kostspielige Präzisionsfügeverfahren.

#### Vorteile der Erfindung

- 10 Die erfindungsgemäße Mikropumpe entsprechend Anspruch 1 hat gegenüber den soeben gewürdigten Anordnungen den Vorteil einer sehr einfachen geometrischen Struktur, die durch wenige mikrotechnologische Verfahren unkompliziert herstellbar ist. Die notwendigen Fügeschritte sind dabei nach Anzahl und
- 15 erforderlicher Genauigkeit auf ein Minimum reduzierbar. Dadurch ist die Mikropumpe für die preiswerte Massenherstellung besonders geeignet. Vor allem gegenüber den beiden zuerst gewürdigten Schriften ist der Platzbedarf der erfindungsgemäßen Mikropumpe deutlich verringert.
- 20 Andererseits bewirkt die einfache Geometrie der erfindungsgemäßen Mikropumpe eine Optimierung des fluidodynamischen Systems, wodurch sich die maximal mögliche Arbeitsfrequenz, Volumenstrom und Pumpdruck erhöhen.
- 25 Eine besonders vorteilhafte Ausbildung der Mikropumpe sieht wenigstens zwei dynamische passive Mikroventile vor, welche aus einem Mikroströmungskanal mit pyramidenstumpfförmiger Geometrie bestehen. Damit verringert sich der Kanalquerschnitt entlang der Symmetrieachse in der einen Richtung kontinuierlich bis zu seiner engsten Stelle, um sich dann plötzlich zu erweitern. Diese
- 30 Form des Mikroströmungskanals bewirkt, daß sein Strömungswiderstand bei genügend hohen Strömungsgeschwindigkeiten von der Strömungsrichtung abhängt.
- Der beschriebene Mikrokanal ist demzufolge in der Lage, eine alternierende Strömung nach dem Prinzip "zwei Schritte vorwärts - einen Schritt zurück" partiell gleichzurichten, wodurch ein Nettovolumenstrom in einer bevorzugten Strömungsrichtung bewirkt wird. Da dieser Effekt nur bei höheren Geschwindigkeiten auftritt, wird er als dynamisches Mikroventil bezeichnet.
- 35 Derartige dynamische Mikroventile sind in einer Mikropumpe gemäß Patentanspruch 1 eingesetzt.

#### Zeichnung

- 45 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Figur 1 eine Perspektivdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Mikropumpe, Figur 2 einen Schnitt entlang der Linie 1-1 in Figur 1, Figur 3 einen Schnitt entlang der Linie 2-2 in Figur 1 sowie Figur 4 bis Figur 7 ein zweites bis fünftes Ausführungsbeispiel einer Mikropumpe.

5

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die erfindungsgemäße Mikropumpe besteht aus einer im wesentlichen geschlossenen Pumpkammer 3, die mit dem zu fördernden Fluid gefüllt ist und welcher durch eine geeignete Antriebsvorrichtung 4 eine periodische Druck- und Volumenänderung aufgeprägt wird. Weiterhin enthält die Mikropumpe mindestens zwei der beschriebenen dynamischen Mikroventile 5, die in Form von Strömungskanälen als Ein- bzw. als Auslaßöffnung der Pumpkammer 3 dienen.

15

Die Mikropumpe zeichnet sich insbesondere durch ihren sehr einfachen Aufbau aus, der sich zum Beispiel sehr vorteilhaft mit allgemein bekannten Mikrotechnologien wie Photolithographie und anisotropes Ätzen auf der Basis von Silizium und Glas herstellen läßt.

20

So können die dynamischen Mikroventile 5 in einem <100>-orientierten Siliziumwafer dergestalt realisiert werden, daß, ausgehend von einer genügend großen Öffnung in der Ätzmaske, der Materialabtrag mittels eines anisotropen Ätzlösung wie KOH über die vollständige Waferdicke voranschreitet. Der dabei entstehende Kanal wird seitlich durch vier kristallographische <111>-Flächen begrenzt, wodurch sich seine pyramidenstumpfförmige Geometrie ergibt. Die jeweils gegenüberliegenden <111>-Flächen schließen hierbei einen Winkel von etwa 70° ein. Eine Linie 14, welche in der Mitte in Hauptströmungsrichtung verläuft, stellt die Symmetrieachse des dynamischen Mikroventils 5 dar. Sie steht senkrecht auf der Waferoberfläche. Durch Anwendung der Doppelseitenlithographie auf einem zweiseitig polierten Wafer 6 können die für den Ein- bzw. Auslaß bestimmten dynamischen Mikroventile 5 in einer antiparallelen Anordnung auf einem gemeinsamen Substrat in einem Technologiegang hergestellt werden.

35

Für die Antriebsvorrichtung 4 ist vor allem eine Membran 7 geeignet, die elektromagnetisch, elektrostatisch, pneumatisch oder piezoelektrisch angeregt wird und mit dem Doppelpfeil 16 bezeichnete Biegeschwingungen ausführt. Der piezoelektrische Antrieb kann günstigerweise durch einen Bimorph erfolgen.

40

Die Pumpkammer 3 ist durch geeignete Mikrotechnologien in einem Element 10, 11, 11a bzw. 11b und 11c festgelegt. Dies kann beispielsweise durch Photolithographie mit einem anschließenden Ätzschritt in Silizium oder Glas als Ausgangsmaterial geschehen. Bei Verwendung eines entsprechenden Ätzstoppverfahrens kann der Materialabtrag vor der vollständigen Durchdringung des Elementes 10 abgebrochen werden, wodurch die Membran 7 der Antriebsvorrichtung 4 entsteht. Als ein solcher Ätzstopp sollen auch spezielle, auf dem

45

Ausgangsmaterial des Elementes 10 vorher aufgebraute Schichten, wie zum Beispiel Siliziumoxid oder Siliziumnitrid auf einem Siliziumträger, verstanden werden, an denen der Ätzzvorgang zum Erliegen kommt und die durch den Materialabtrag freigelegt werden und damit die Membran 7 festlegen.

5

Die Pumpkammer 3 ist auf einer der Antriebsvorrichtung 4 abgewandten Seite 12 durch den Wafer 6, welcher die dynamischen Mikroventile 5 enthält und der mit dem Element 10, 11, 11a bzw. 11c verbunden ist, geschlossen.

- 10 Das die Pumpkammer 3 enthaltende Element 11, 11a bzw. 11b und 11c kann auf einer dem Wafer 6 abgewandten Seite 13 an sich offen sein, realisiert zum Beispiel durch einen das Element 11, 11a bzw. 11b und 11c vollständig durchlaufenden Ätzzschritt. Die Membran 7 wird dann als dünnes Material oder Folie 15 mit geeigneten Fügeverfahren auf dem Element 11, 11a bzw. 11b befestigt, 15 wodurch die Pumpkammer 3 geschlossen wird. Das ist zum Beispiel möglich, indem eine Glasfolie, welche die Membran 7 bildet, durch anodisches Bonden auf dem Element 11, 11a bzw. 11b aufgebracht wird.

20 Typische Abmessungen der erfindungsgemäßen dynamischen Mikropumpe betragen für:

den Querschnitt der dynamischen Mikroventile 5 an der engsten Stelle zwischen einem Mikrometer und fünf hundert Mikrometer,

die Ausdehnung der dynamischen Mikroventile 5 entlang der Symmetrieachsen 14 zwischen zehn Mikrometer und einem Millimeter,

25 die Dicke der Membran 7 zwischen einem Mikrometer und einem Millimeter, die Ausdehnung der Membranfläche zwischen fünf hundert Mikrometer und zwanzig Millimeter und

die Pumpkammerhöhe senkrecht zu dem Wafer 6 zwischen zehn Mikrometer und fünf Millimeter.

30 Die typische Schwingfrequenz der Membran 7 liegt zwischen ein hundert Hertz und zwanzig Kilohertz.

Die Fig. 1 bis Fig. 3 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel.

- 35 Die dynamischen Mikroventile 5 sind in einer antiparallelen Anordnung in dem zweiseitig polierten Silizium-Wafer 6 realisiert. Das Element 10, welches auf der der Membran 7 abgewandten Seite 12 fest mit dem Wafer 6 verbunden ist, enthält die Pumpkammer 3, die durch einen anisotropen Ätzzschritt erzeugt wird und eine pyramidenstumpfförmige Geometrie aufweist. Durch ein Ätzzstoppverfahren bleibt ein dünner Materialrest auf einer den dynamischen Mikroventilen 5 40 abgewandten Seite der Pumpkammer 3 stehen, der die Membran 7 bildet. Die Membran 7, welche Bestandteil der ansonsten nicht näher bezeichneten Antriebsvorrichtung 4 ist, führt mit dem Doppelpfeil 16 gekennzeichnete Biegeschwingungen aus.

45

In der Fig. 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Mikropumpe dargestellt, deren Pumpkammer 3 in dem Element 11 durch einen anisotropen Ätzzschritt festgelegt ist und eine pyramidenstumpfförmige Geometrie aufweist. Das Ele-

ment 11 ist auf der Seite 13 mittels der als Membran 7 dienenden Folie 15, die auf dem Element 11 befestigt ist, verschlossen.

- Das in Fig. 5 gezeigte dritte Ausführungsbeispiel der Mikropumpe unterscheidet sich von dem vorhergehenden insoweit, daß die Pumpkammer 3 durch das modifizierte Element 11a anstelle des Elementes 11 ein geringeres Totvolumen aufweist. Das Element 11a enthält zwei Teilstrukturen 17 und 18 mit unterschiedlich großer Querschnittsfläche, deren einander zugewandte Stirnflächen innerhalb des Elementes 11a teilweise zusammenfallen, wobei die größere Teilstruktur 17 mit der Membran 7 und die kleinere Teilstruktur 18 mit dem dynamischen Mikroventile 5 enthaltenden Wafer 6 in direkter Verbindung steht. Das Element 11a kann zum Beispiel dadurch hergestellt werden, daß nach einer Doppelseitenlithographie mit jeweils unterschiedlicher Maskengröße ein anisotroper Ätzprozeß von den Seiten 12 und 13 her soweit voranschreitet, bis sich die Ätzfronten treffen.

- Fig. 6 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der Mikropumpe, welches dem vorhergehenden in der relativen Verringerung des Totvolumens der Pumpkammer 3 entspricht. Die Pumpkammer 3 ist durch das Teilelement 11b, welches einen Durchbruch mit einer größeren Querschnittsfläche enthält, und das Teilelement 11c, welches einen Durchbruch mit einer kleineren Querschnittsfläche enthält, anstelle des Elementes 11a festgelegt, wobei das Teilelement 11b mit der Membran 7 und das Teilelement 11c mit dem Wafer 6 in Verbindung steht und beide Teilelement 11b und 11c an einer Fügefläche 19 fest miteinander verbunden sind.

- In dem in Fig. 7 dargestellten fünften Ausführungsbeispiel der Mikropumpe ist die Antriebsvorrichtung 4 durch die Membran 7 und ein Piezoelement 9 festgelegt, wobei das Piezoelement 9 auf der Membran 7 angeordnet ist und mit dieser eine Bimorph-Struktur bildet. Das Piezoelement 9 ist entweder ein Piezoplättchen, welches auf der Membran 7 zum Beispiel durch eine Klebeverbindung befestigt ist, oder in der integrierten Form um eine mit bekannten Mikrotechnologien physikalisch-chemisch auf der Membran 7 abgeschiedene und nachfolgend strukturierte piezoelektrisch aktive Schicht.

Patentansprüche

1. Mikropumpe, insbesondere für zu pumpende Gase und Flüssigkeiten, mit einer Antriebsvorrichtung (4), mit wenigstens einem Element (10, 11, 11a, 11b, 11c), auf das eine periodische Druck- und Volumenänderung durch die Antriebsvorrichtung (4) aufträglich ist, und mit einem auf der der Antriebsvorrichtung (4) abgewandten Seite (12) des Elements (10, 11, 11a, 11b, 11c) angeordneten Wafer (6), **dadurch gekennzeichnet**, daß das Element (10, 11, 11a, 11b, 11c) eine zur Antriebsvorrichtung (4) hin geschlossene Pumpkammer (3) aufweist und der Wafer (6) wenigstens zwei dynamische Mikroventile (5) hat, wobei sich der Querschnitt wenigstens eines dynamischen Mikroventils (5) zum Element (10, 11, 11a, 11b, 11c) hin verjüngt und sich der Querschnitt wenigstens eines dynamischen Mikroventils (5) zum Element (10, 11, 11a, 11b, 11c) hin vergrößert und die wenigstens zwei dynamischen Mikroventile (5) in direkter Verbindung mit der im Element (10, 11, 11a, 11b, 11c) vorgesehenen Pumpkammer (3) stehen.
2. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dynamischen Mikroventile (5) eine pyramidenstumpfförmige Gestalt aufweisen.
3. Mikropumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die pyramidenstumpfförmigen dynamischen Mikroventile (5) einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt aufweisen.
4. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die Pumpkammer (3) festlegende Element (10, 11, 11a, 11c) auf einer der Antriebsvorrichtung (4) abgewandten Seite (12) offen ist und durch die Befestigung des die dynamischen Mikroventile (5) enthaltenden Wafers (6) auf diesem Element (10, 11, 11a, 11c) verschlossen wird.
5. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebsvorrichtung (4) eine Membran (7), welche die Pumpkammer (3) auf einer dem Wafer (6) abgewandten Seite abschließt, enthält.
6. Mikropumpe nach Anspruch 1 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dynamischen Mikroventile (5) gegenüber der Membran (7) angeordnet sind und ihre Symmetrieachsen (14) senkrecht zur Oberfläche der Membran (7) verlaufen.
7. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pumpkammer (3) durch ein mehrteiliges Element (11b, 11c) dergestalt festgelegt ist, daß der Querschnitt der Pumpkammer (3) auf der dem Wafer (6) zugewandten Seite der Pumpkammer (3) geringer ist als auf der der Antriebsvorrichtung (4) zugewandten Seite der Pumpkammer (3).
8. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die Pumpkammer (3) festlegende Element (11a) mindestens zwei Teilstrukturen

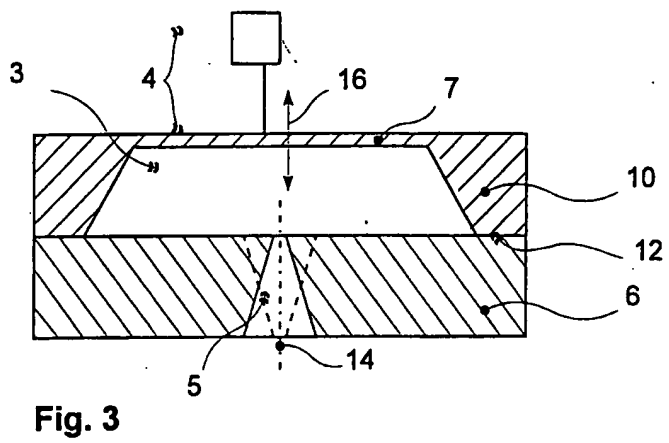
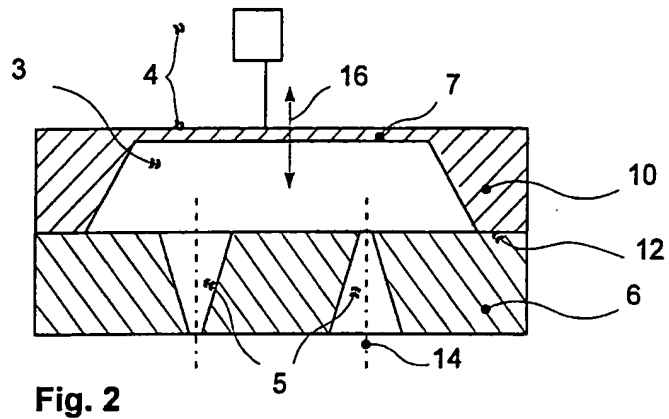
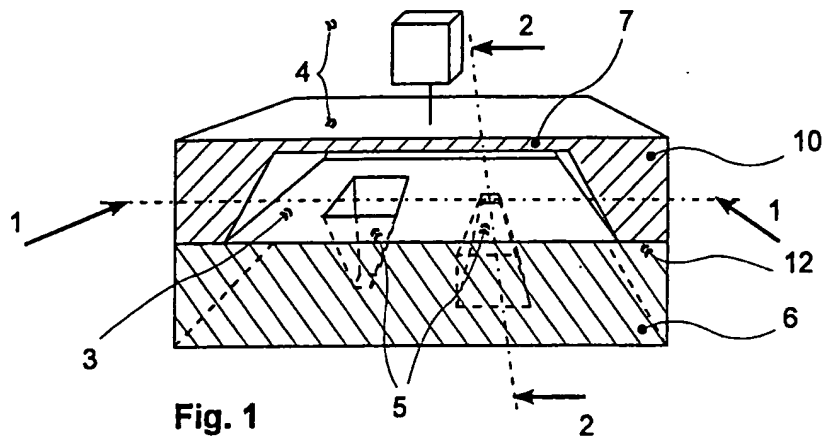


(17, 18) unterschiedlicher Größe enthält, so daß der Querschnitt der Pumpkammer (3) auf der dem Wafer (6) zugewandten Seite der Pumpkammer (3) geringer ist als auf der der Antriebsvorrichtung (4) zugewandten Seite der Pumpkammer (3).

- 5
9. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dynamischen Mikroventile (5) in <100>-Silizium mittels Photolithographie und anisotropen Tiefenätzens hergestellt sind, wobei der Materialabtrag jeweils nur von einer Richtung und durch den Wafer (6) hindurch erfolgt und jeweils zwei gegenüberliegende der die dynamischen Mikroventile (5) begrenzenden <111>-Flächen miteinander einen Winkel von ca. 70° einschließen.
- 10
10. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dynamischen Mikroventile (5) antiparallel auf dem Wafer (6) angeordnet und durch
- 15
- Doppelseitenphotolithographie mit anschließendem gleichzeitigen anisotropen Ätzen aller dynamischen Mikroventile (5) hergestellt sind.
11. Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Querschnittsflächen der dynamischen Mikroventile (5) an ihren engsten
- 20
- Stellen laterale Abmessungen zwischen einem Mikrometer und fünfhundert Mikrometer aufweisen und die Ausdehnung der dynamischen Mikroventile (5) entlang der Symmetrieachsen (14) zwischen zehn Mikrometer und einem Millimeter betragen.
12. Mikropumpe nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die Pumpkammer (3) festlegende Element (10, 11, 11a, 11b, 11c) durch Photolithographie und Ätzprozesse in einem Halbleitermaterial oder in Glas erzeugt
- 25
- ist.
13. Mikropumpe nach Anspruch 1 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (7) elektrostatisch, elektromagnetisch, piezoelektrisch oder pneumatisch dergestalt angetrieben wird, daß sie eine schwingende Biegebewegung
- 30
- (16) ausführt.
14. Mikropumpe nach Anspruch 1 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (7) und das die Pumpkammer (3) festlegende Element (10) aus einem Stück hergestellt sind.
- 35
15. Mikropumpe nach Anspruch 1 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (7) aus einem dünnen Material oder einer Folie (15) besteht, welche durch ein Fügeverfahren auf das die Pumpkammer (3) festlegende Element (11, 11a, 11b) aufgebracht ist.
- 40
16. Mikropumpe nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das die Pumpkammer (3) festlegende Element (11, 11a, 11b) aus Silizium und die Folie (15) aus Glas besteht und beide durch anodisches Bonden miteinander verbunden sind.
- 45

17. Mikropumpe nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (7) durch ein Piezoelement (9) angetrieben wird, welches auf der Membran (7) angeordnet ist und mit dieser eine Bimorph-Struktur bildet.
- 5
18. Mikropumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausdehnung der Membran (7) in ihrer Fläche zwischen fünfhundert Mikrometer und zwanzig Millimeter beträgt und die Dicke der Membran (7) zwischen einem Mikrometer und einem Millimeter beträgt.
- 10
19. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pumpkammer (3) senkrecht zu dem Wafer (6) eine minimale Höhe zwischen zehn Mikrometer und fünf Millimeter hat.
- 15
20. Mikropumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebsvorrichtung (4) mit einer Frequenz zwischen einhundert Hertz und zwanzig Kilohertz ansteuerbar ist.

1/3



2/3

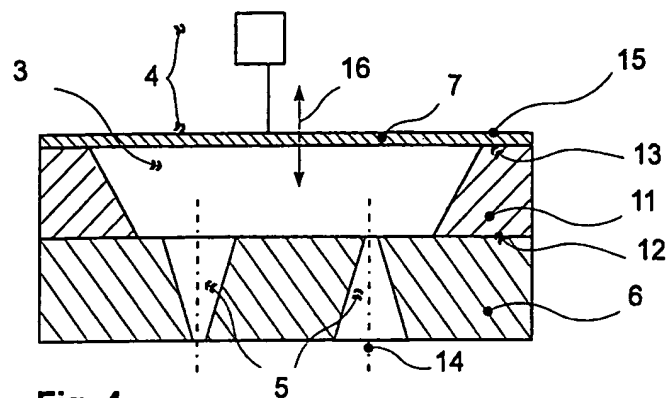


Fig. 4

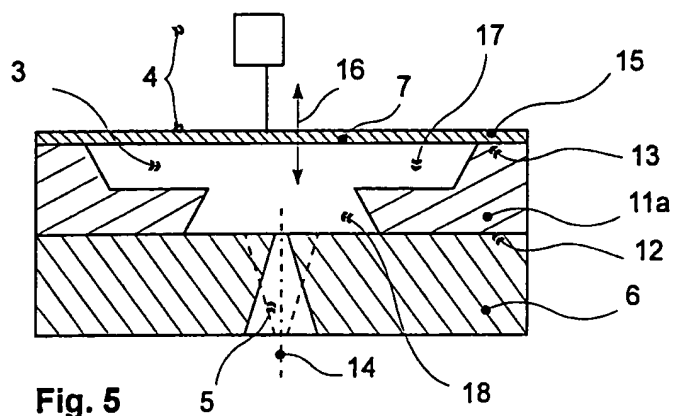


Fig. 5

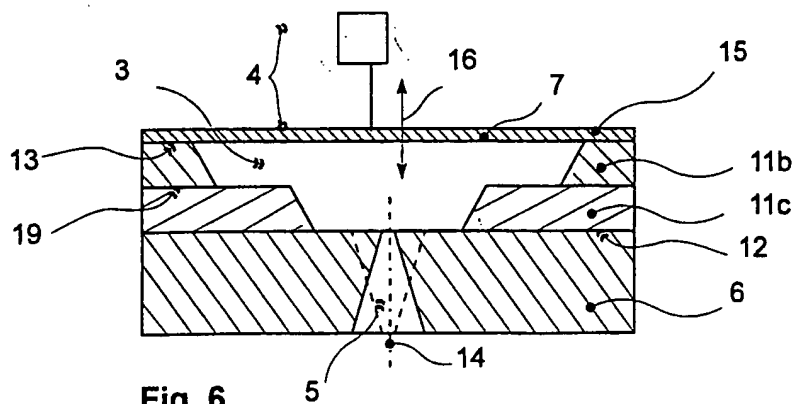


Fig. 6

3/3

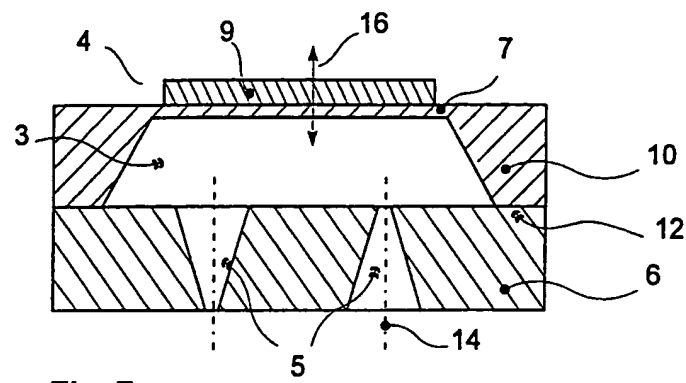


Fig. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 95/00841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 F04B43/04 F04B53/10 F04B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SENSORS AND ACTUATORS, no. 2, November 1993 LAUSANNE, pages 159-167, XP 000425002 STEMME & STEMME 'A VALVELESS DIFFUSER/NOZZLE-BASED FLUID PUMP' see the whole document ---	1-3,5,6, 13,15, 17-20
P,X	WO,A,94 19609 (STEMME & STEMME) 1 September 1994  see the whole document ---	1-3,5,6, 9,13,15, 17-20
A	GB,A,2 248 891 (VAN LINTEL) 22 April 1992 see the whole document ---	1-20
A	WO,A,93 05295 (ZENGERLE ET AL.) 18 March 1993 see the whole document -----	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 October 1995

Date of mailing of the international search report

07.11.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Von Arx, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Application No

PCT/DE 95/00841

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9419609	01-09-94	SE-A- 9300604	24-08-94
GB-A-2248891	22-04-92	NONE	
WO-A-9305295	18-03-93	DE-A, C 4135655	18-03-93
		DE-A- 4143343	25-03-93
		EP-A- 0603201	29-06-94
		JP-T- 6510582	24-11-94

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internes Aktenzeichen

PCT/DE 95/00841

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 F04B43/04 F04B53/10 F04B19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SENSORS AND ACTUATORS, Nr. 2, November 1993 LAUSANNE, Seiten 159-167, XP 000425002 STEMME & STEMME 'A VALVELESS DIFFUSER/NOZZLE-BASED FLUID PUMP' siehe das ganze Dokument ---	1-3,5,6, 13,15, 17-20
P,X	WO,A,94 19609 (STEMME & STEMME) 1.September 1994  siehe das ganze Dokument ---	1-3,5,6, 9,13,15, 17-20
A	GB,A,2 248 891 (VAN LINTEL) 22.April 1992 siehe das ganze Dokument ---	1-20
A	WO,A,93 05295 (ZENGERLE ET AL.) 18.März 1993 siehe das ganze Dokument -----	1-20

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20.Oktober 1995

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07.11.95

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Von Arx, H



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: des Aktenzeichen

PCT/DE 95/00841

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9419609	01-09-94	SE-A- 9300604	24-08-94
GB-A-2248891	22-04-92	KEINE	
WO-A-9305295	18-03-93	DE-A, C 4135655	18-03-93
		DE-A- 4143343	25-03-93
		EP-A- 0603201	29-06-94
		JP-T- 6510582	24-11-94